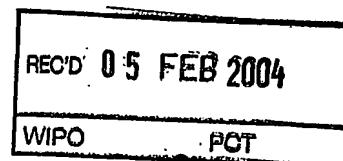


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



26 NOV 2003

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 55 072.7

Anmeldetag: 25. November 2002

Anmelder/Inhaber: Senovation AG, Bodman-Ludwigshafen/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Erfassen einer Eigenschaft
mindestens eines Gegenstands

IPC: H 04 N, A 61 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (1) OR (4)


Stark

25.11.02

5

Verfahren zum Erfassen einer Eigenschaft mindestens eines Gegenstands

10

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Erfassen einer Eigenschaft mindestens eines Gegenstands.

15

Aus der US 5,098,426 ist ein Verfahren zur Durchführung einer Laseroperation am menschlichen Auge bekannt, bei dem das Auge mit Hilfe von zwei Kameras beobachtet wird. Hierbei ist eine Kamera eine Videokamera zur Ausgabe von Videobildern für einen behandelnden Arzt und die zweite Kamera ein Hochgeschwindigkeits-Arraysensor, der zur schnellen Positionierung des Lasers vorgesehen ist. Der apparative Aufbau zum Erfassen der Position des Auges, der sowohl eine schnelle Verfolgung des Auges als auch eine visuelle Überwachung durch den behandelnden Arzt zulässt, ist hierbei recht hoch.

20

25

30

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum schnellen Erfassen einer Eigenschaft eines Gegenstands und zur Überwachung des Gegenstands anzugeben, das mit einer relativ einfachen Apparatur durchgeführt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Erfassen einer Eigenschaft mindestens eines Gegenstands gelöst, bei dem erfindungsgemäß

- 5 a. vom Gegenstand beeinflusste Lichtstrahlung einem Bildsensor zugeführt wird,
- b. mindestens zwei unterschiedliche aus Pixeln bestehende Teilbilder nacheinander aus dem Bildsensor ausgelesen werden und den Pixeln zugeordnete Werte einer Auswerteeinheit zugeführt werden,
- 10 c. aus den Werten, die einem Teilbild zugeordnet sind, jeweils die Eigenschaft des Gegenstands ermittelt wird,
- d. die Teilbilder zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden, das zur weiteren Verarbeitung ausgegeben wird.

15 Mit diesem Verfahren kann anhand nur eines einzigen Bildsensors eine Eigenschaft des Gegenstands, beispielsweise die Position oder Geschwindigkeit des Gegenstands, sehr schnell, also sehr zeitnahe, erfasst werden, wobei gleichzeitig eine beispielsweise visuelle Überwachung des Gegenstands ermöglicht wird. Der Bildsensor kann hierbei ein preiswerter, handelsüblicher und in der Videotechnik gebräuchlicher Bildsensor sein. Es ist jedoch auch möglich, einen Hochgeschwindigkeitsarraysensor zu verwenden. Es sollte lediglich die Auslese-Sequenz des Bildsensors frei oder im Wesentlichen frei
20 steuerbar sein. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist beispielsweise aus der WO 02/25934 A2 bekannt.

25 Bei der Ermittlung einer Eigenschaft des Gegenstands ist es vorteilhaft, die Eigenschaft in einer möglichst schnellen Zeitfolge wiederholt ermitteln zu können. Eine schnelle Erfassung der Eigenschaft kann erreicht werden, indem die Ei-

genschaft aus einem relativ kleinen Teilbild ermittelt wird, das schnell ausgelesen und ausgewertet werden kann. Ein solches Teilbild enthält jedoch nicht die Information, die zu einer beispielsweise visuellen Überwachung des Gegenstands 5 notwendig ist. Diese Information ist in einem Gesamtbild enthalten. Durch die Erfindung wird ermöglicht, mit Bildern aus nur einem Bildsensor eine schnelle Erfassung einer Eigenschaft des Gegenstands in Kombination mit einem hoch auflösenden Gesamtbild zu erhalten. Es ist natürlich auch möglich, mehrere 10 Eigenschaften gleichzeitig oder hintereinander zu ermitteln.

Die dem Bildsensor zugeführte Lichtstrahlung ist üblicherweise sichtbares Licht. Es ist auch möglich, dem Bildsensor Infrarotstrahlung oder ultraviolette Strahlung zuzuführen. Die 15 Art der den Pixeln zugeordneten Werte ist abhängig von der Art des Bildsensors. Die Werte können Ladungswerte oder Spannungswerte sein. Es ist auch möglich, dass Werte von Pixeln der Teilbilder bereits während einer Integration bzw. Belichtung 20 ausgelesen oder überwacht werden, ohne dass die Werte in erheblichem Umfang davon beeinflusst werden. Hierdurch kann ein Gesamtbild mit einer hohen Intensität erreicht werden. Außerdem kann die Belichtung an ein gutes Verhältnis von Signal 25 zu Rauschen angepasst werden. Die aus Pixeln bestehenden Teilbilder können die gleiche Anzahl oder unterschiedliche Anzahlen von Pixeln aufweisen. Außerdem können die Pixel der Teilbilder auf dem Bildsensor zusammengefasst werden ("on-chip pixel binning"). Neben einer sofortigen Reduzierung der Datenmenge bietet diese Vorgehensweise den Vorteil eines im 30 Verhältnis zum Signal niedrigen Rauschens. Des weiteren

Die Form, die Größe und die Lage der Teilbilder innerhalb des Gesamtbilds sind zweckmäßigerweise frei wählbar. Die Ausgabe des Gesamtbilds erfolgt zur weiteren Verarbeitung. Die Verarbeitung kann beispielsweise durch die Ausgabe des Gesamtbilds auf einen Bildschirm erfolgen. Es ist auch möglich, das Gesamtbild dahingehend zu verarbeiten, dass nur Teile des Gesamtbilds beispielsweise auf dem Bildschirm ausgegeben werden. Ebenso kann das Gesamtbild in einer anderen Weise verarbeitet werden, wobei es beispielsweise abgespeichert wird oder nur Vergleiche von Gesamtbildern ausgegeben oder aus dem Gesamtbild gewonnene andere Ergebnisse weiter- oder ausgegeben werden. Ein Teilbild umfasst eine Anzahl von Pixeln, die kleiner ist als die Gesamtzahl der Pixel des Bildsensors. Die Anordnung der Pixel ist beliebig.

15 Eine besonders schnelle mehrfach hintereinander folgende Ermittlung der Eigenschaften des Gegenstands wird erreicht, indem das Ermitteln der Eigenschaften aus Werten eines Teilbilds und das Auslesen eines folgenden Teilbilds zumindest teilweise gleichzeitig erfolgt. Es können die Werte nach dem Auslesen des ersten Teilbilds der Auswerteeinheit zugeführt werden, die daraus in einem folgenden Schritt die Eigenschaft des Gegenstands ermittelt. Während die Auswerteeinheit an der Ermittlung der Eigenschaft arbeitet, werden aus dem Bildsensor die Werte eines zweiten Teilbilds ausgelesen. Das Auslesen und das Auswerten sollte hierbei zumindest teilweise gleichzeitig erfolgen, so dass die beiden Prozesse zu zumindest einem Zeitpunkt gleichzeitig erfolgen.

30 Vorteilhaftweise überdecken sich die Teilbilder nicht. Hierdurch können die Teilbilder schnell zu einem vollständi-

gen und lückenlosen Gesamtbild guter Auflösung zusammengesetzt werden. Außerdem sind die Teilbilder zweckmäßigerweise so angeordnet, dass bei einem späteren Zusammensetzen der Teilbilder zu einem Gesamtbild alle örtlichen Bereiche des 5 Gesamtbilds durch Teilbilder abgedeckt sind. Hierdurch wird ein vollständiges, visuell leicht auswertbares Gesamtbild erreicht. Alternativ ist es auch möglich, dass das Gesamtbild aus nicht alle örtlichen Bereiche abdeckenden Teilbildern zusammengesetzt ist. Die nicht abgedeckten Bereiche können interpoliert oder extrapoliert werden. Hierdurch kann aus wenigen oder kleinen Teilbildern ein Gesamtbild zusammengesetzt werden. 10

Zur Erreichung einer möglichst genauen Erfassung einer Eigenschaft des Gegenstands ist es vorteilhaft, wenn die Teilbilder aus mindestens zwei nicht zusammenhängenden Pixelbereichen zusammengesetzt sind. Die Pixelbereiche umfassen jeweils mindestens drei Pixel und stoßen nirgendwo aneinander. Zur Erfassung der Eigenschaft kann es ausreichen, wenn der Gegenstand nicht vollständig durch ein Teilbild abgedeckt wird, sondern durch das Teilbild nur Ausschnitte des Gegenstands erfasst werden. Hierdurch kann die Anzahl der Pixel eines 20 Teilbilds gering gehalten und das Auslesen und Auswerten der Pixelwerte sehr schnell durchgeführt werden. Die nicht zusammenhängenden Pixelbereiche sind zweckmäßigerweise so positioniert, dass durch sie Bereiche des Gegenstands erfasst werden, aus denen ein Rückschluss auf die Eigenschaft des Gegenstands möglich ist. 25

30 Eine besonders einfach zu steuernde Auslese-Sequenz der Teilbilder wird erreicht, indem die Teilbilder jeweils aus einer

Anzahl von vollständig ausgelesenen Pixelzeilen des Bildsensors zusammengesetzt werden. Die Teilbilder überdecken hierbei die Länge oder die Breite des Pixelfelds des Bildsensors vollständig. Sie sind jedoch auf nur einen Teil der Pixelzeilen 5 des Pixelfelds beschränkt.

Ein besonders schnelles Auslesen und Verarbeiten der Teilbilder kann erreicht werden, indem die Teilbilder jeweils aus einer Anzahl von nur teilweise ausgelesenen Pixelzeilen des Bildsensors zusammengesetzt werden. Zur Erfassung eines Gegenstands, der beispielsweise nur einen geringen Ausschnitt 10 des Pixelfelds des Bildsensors überdeckt, ist es nicht notwendig, die gesamte Länge oder Breite des Pixelfelds durch die Teilbilder abzudecken. Die ausgelesenen Pixelzeilen überdecken dann vorteilhafterweise nur den für die Ermittlung der Eigenschaft wichtigen oder zweckmäßigen Bereich. Hierdurch kann die Pixelanzahl der Teilbilder gering gehalten werden 15 und das Auslesen und Auswerten kann schnell erfolgen.

20 In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Pixelzeilen eines Teilbilds jeweils durch eine vorgegebene Anzahl nicht auszulesender Pixelzeilen voneinander beabstandet. Eine Eigenschaft des Gegenstands, wie beispielsweise seine Position, Größe, Form oder Bewegungsgeschwindigkeit, 25 kann auf diese Weise mit nur einer geringen Anzahl von Pixeln erfasst werden. Das Teilbild kann den Gegenstand vollständig überdecken, ohne dass jedes den Gegenstand abbildende Pixel ausgelesen werden muss. Die vorgegebene Anzahl nicht auszulesender Pixelzeilen kann so bestimmt sein, dass sie für alle 30 Zeilenzwischenräume gleich ist. Zwischen den auszulesenden Pixelzeilen sind somit immer dieselbe Anzahl von nicht auszu-

lesenden Pixelzeilen angeordnet. Es wird eine gleichmäßig dichte Überdeckung des ausgesuchten Bereichs durch das Teilbild erreicht. Es ist jedoch auch möglich, die auszulesenden Pixelzeilen durch verschiedene Anzahlen von nicht auszulesenden Pixelzeilen beabstandet auszuwählen. Die Lage der auszulesenden Pixelzeilen kann hierbei auf eine möglichst effektive Ermittlung der gewünschten Eigenschaft des Gegenstands ausgerichtet werden.

10 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Auslese-Sequenz eines auf ein erstes Teilbild abfolgend ausgelesenen zweiten Teilbilds um eine Pixelzeile zum ersten Teilbild versetzt. Die Auslese-Sequenz ist hierbei besonders einfach. Außerdem wird, insbesondere bei einer regelmäßigen Anordnung der ausgelesenen Pixelzeilen, eine schnelle und einfache Erzeugung eines vollständigen Gesamtbilds durch die Teilbilder erreicht.

20 Bei einem Auslesen der Teilbilder in einer solchen Zeit, dass mindestes zehn Gesamtbilder pro Sekunde ausgegeben werden können, kann bei einer visuellen Ausgabe der Gesamtbilder eine ruckelarme Darstellung der Bewegung des Gegenstands erreicht werden. Bei einer vorteilhaften Zusammensetzung eines Gesamtbilds aus mindestens zehn Teilbildern werden somit mindestens 100 Teilbilder pro Sekunde ausgelesen. Zweckmäßigerweise werden mindestens 25 Gesamtbilder pro Sekunde ausgegeben, damit eine flimmerarme Darstellung der Gesamtbilder erreicht werden kann.

30 Vorteilhafterweise besteht ein Teilbild nur aus so vielen Pixeln, dass das Auslesen eines Teilbilds und das Ermitteln der

Eigenschaft jeweils innerhalb von 10 Millisekunden erfolgen kann. Die Anzahl der Pixel, die ein Teilbild maximal umfassen kann, hängt somit von der Verarbeitungsgeschwindigkeit der das Verfahren durchführenden Vorrichtung ab. Es wird eine 5 hinreichend schnelle wiederholte Ermittlung der Eigenschaft erreicht, um ein Gerät, beispielsweise ein Laseroperationsgerät zur Behandlung eines menschlichen Auges, schnell genug an die Bewegung eines Gegenstands anpassen zu können.

10 Besonders vorteilhafte Anwendungen des Verfahrens werden erreicht, wenn als Eigenschaft mindestens ein Parameter des Gegenstands aus der Gruppe Position, Abmessung, Form, Veränderung der Form, Bewegungsgeschwindigkeit, Farbe, Helligkeit, Lichtreflexionsverhalten des Gegenstands ermittelt wird. Je 15 nach Anwendung des Verfahrens kann ein oder können mehrere Parameter aus den genannten acht Parametern ermittelt werden, wobei bei der Ermittlung mehrerer Parameter die ermittelten Ergebnisse ganz generell zu neuen Parametern kombiniert werden können. Die ermittelte Position und Abmessung des Gegen- 20 stands kann beispielsweise zur Steuerung eines für medizini- sche Zwecke eingesetzten Lasergeräts verwendet werden. Die Kenntnis der Form und der Veränderung der Form des Gegen- stands kann zur Verhaltens- und Zustandsbestimmung sowie zum Sortieren, Erkennen oder Aussortieren von Kleinlebewesen, wie 25 beispielsweise Zellen, Bakterien oder Pilzkulturen, eingesetzt werden. Die Position, Abmessung, Form, Veränderung der Form und Bewegungsgeschwindigkeit des Gegenstands kann zur Steuerung der Auslese-Sequenz eines Teilbilds oder von Teil- bildern verwendet werden. Die Teilbilder können auf diese 30 Weise effektiv auf den Gegenstand ausgerichtet und das Ermitteln der Eigenschaft zeiteffizient und hardware-effizient

ausgerichtet werden. Das schnelle Erkennen von Farbe und gegebenenfalls Farbveränderung kann zum Verfolgen und/oder Beeinflussen von Gegenständen genutzt werden. Es können sich schnell bewegende markierte Lebewesen oder beispielsweise 5 verfaulte Lebensmittel auf einem Förderband schnell erkannt und ggf. aussortiert werden. Die Kenntnis der Helligkeit und/oder des Lichtreflexionsverhaltens des Gegenstands kann unter anderem bei der Untersuchung von dünnen oder aufwachsenden Schichten verwendet werden. Das Verfahren kann hiermit 10 in physikalischen, biologischen sowie chemischen Prozessen, bei der Herstellung oder Analyse von Bio-Chips oder zur Überwachung von sich schnell verändernden Strukturen eingesetzt werden. Unter dem Lichtreflexionsverhalten wird unter anderem die Änderung von vom Gegenstand reflektiertem Licht im Verhältnis zum eingestrahlten Licht verstanden, wie beispielsweise 15 Wellenlängenverschiebung, Wellenlängenverbreiterung, Lichtstreuung, Reflexionswinkelveränderung oder Absorptionsgrad bei der Lichtreflexion.

20 Der Rechenprozess bei der Erkennung einer Eigenschaft des Gegenstands kann vereinfacht werden, und die Erkennung kann zuverlässig durchgeführt werden, indem die Eigenschaft mit Hilfe einer Eigenschaftsvorgabe ermittelt wird. Unter einer Eigenschaftsvorgabe wird eine jegliche Vorgabe einer Eigenschaft verstanden, die der Gegenstand erfüllen muss. Soll 25 beispielsweise als Eigenschaft die Position des Gegenstands ermittelt werden, so kann eine Formvorgabe, beispielsweise ein Kreis, vorgegeben werden, die der Gegenstand erfüllen muss. Aus den Werten, die einem Teilbild zugeordnet sind, wird somit die Position des Gegenstands, der als ein Kreis 30 angenommen wird, ermittelt. Durch diese Vorgabe kann aus ei-

ner relativ geringen Anzahl von Werten die Eigenschaft mit großer Zuverlässigkeit ermittelt werden. Die Anzahl der Werte kann gegenüber einem Verfahren ohne Eigenschaftsvorgabe reduziert werden, wodurch das Auslesen und Verarbeiten eines
5 Teilbilds beschleunigt werden kann.

Eine hohe Flexibilität und ein hohes Anpassungsvermögen an eine gegebene Anwendung kann erreicht werden, indem die Eigenschaftsvorgabe aus mindestens einer bereits ermittelten
10 Eigenschaft abgeleitet wird. Bei der Verfolgung von einem oder mehreren sich verändernden Gegenständen kann eine Eigenschaft, wie z.B. eine Form oder ein Formbereich, durch die Auswertung eines oder einer Anzahl von Teilbildern ermittelt
15 worden sein. Diese Eigenschaft kann als Eigenschaftsvorgabe bei der Auswertung von einem oder mehreren folgenden Teilbildern vorgegeben werden. Hierdurch kann die Eigenschaft aus relativ wenigen Pixeln mit hoher Präzision erkannt werden, ohne dass die Eigenschaft bei jedem Teilbild vollständig neu
ermittelt werden müsste.

20 Zweckmäßigerweise wird die Auslese-Sequenz eines Teilbilds anhand einer aus einem vorhergehenden Teilbild ermittelten Eigenschaft des Gegenstands gesteuert. Das Teilbild kann so speziell auf den Gegenstand angepasst werden, wodurch auch
25 mit einem nur wenigen Pixel umfassenden Teilbild eine zuverlässige Ermittlung der Eigenschaft erreicht werden kann. In der Auslese-Sequenz ist die Auswahl der Pixel eines Teilbilds festgelegt.

30 In vorteilhafter Fortbildung der Erfindung wird mit mindestens einem aus der Eigenschaft des Gegenstands gewonnenen

Wert ein Gerät gesteuert. Es kann eine zuverlässige Verknüpfung zwischen Gegenstand und Gerät und eine präzise Führung des Geräts erreicht werden. Das Gerät kann ein Lasergerät zur ärztlichen Behandlung eines menschlichen Organs sein. Es ist 5 auch möglich, dass das Gerät eine Ausrichtungsvorrichtung zur Positionierung des Bildsensors oder einer Lichteinstrahlvorrichtung relativ zum Gegenstand ist. Der Bildsensor kann somit in Bezug auf einen sich bewegenden Gegenstand nachjustiert werden. Ebenso vorteilhaft kann das Gerät eine Lichteinstrahlungsvorrichtung sein, die beispielsweise Licht auf den Gegenstand strahlt, wobei als Eigenschaft die Helligkeit 10 des reflektierten Lichts erkannt werden kann. Es ist auch denkbar, dass das Gerät eine Vorrichtung zur Steuerung eines elektrischen Parameters ist. Der Parameter kann eine Spannung 15 sein, die an ein Probengefäß angelegt wird und durch die sich Gegenstände in der Probe bewegen. Durch das schnelle Erkennen von Gegenständen und die gleichzeitige Überwachungsmöglichkeit anhand des Gesamtbilds ist das Verfahren besonders zur Steuerung eines Roboters geeignet. Der Roboter kann anhand 20 der Ergebnisse des Verfahrens mit hoher Geschwindigkeit Handlungen am und um den Gegenstand durchführen, wobei durch die zusätzliche Überwachungsfunktion die Sicherheit des Roboters gewährleistet ist. Es ist auch denkbar, dass das Gerät ein Klebe- oder Schweißgerät ist oder eine Sortierzvorrichtung zum 25 Sortieren durch Ansteuerung eines Aktuators, wie beispielsweise eines pneumatischen Ventils oder einem Magneten.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird ein Gerätete parameter in Verbindung mit mindestens einem aus der Eigenschaft des Gegenstands gewonnenen Wert geregelt. Der Gerätete parameter kann beispielsweise die Geschwindigkeit eines sich 30

bewegenden Gegenstands beeinflussen, wobei die Geschwindigkeit im Regelkreislauf anhand einer Vorgabe optimiert wird. Es ist auch möglich, die Lichteinstrahlung auf den Gegenstand so zu regeln, dass ein möglichst gutes Verfahrensergebnis
5 realisiert wird.

Eine zuverlässige Überwachung des Gegenstands kann erreicht werden, indem die Veränderung der Eigenschaft des Gegenstands durch eine Abfolge von Gesamtbildern dargestellt wird. Die
10 Darstellung kann visuell erfolgen, wobei eine Person den Gegenstand auf einem Bildschirm überwacht. Es kann eine in vivo oder in vitro Betrachtung von Gewebe bei einer gleichzeitigen Bearbeitung oder Beeinflussung des Gewebes erreicht werden. Möglich ist auch eine Beobachtung, Sortierung oder Beeinflus-
15 sungen von Organismen, Zellen oder Lebensformen sowie eine Analyse einer Körperflüssigkeit.

Zeichnung

20 Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination.
25 Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

5 Fig. 2 eine Darstellung von drei Teilbildern, die zu einem Gesamtbild summiert werden,

Fig. 3 ein schematisches Diagramm des zeitlichen Ablaufs des Verfahrens,

10 Fig. 4 eine schematische Darstellung eines menschlichen Auges mit ermittelten Stützstellen zur Errechnung der Position des Auges,

15 Fig. 5 einen schematischen Ablauf einer Verfolgung eines Gegenstands,

Fig. 6 eine Darstellung der Ausrichtung einer Abfolge von Gesamtbildern auf einen Gegenstand und

20 Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Überwachungsvorgangs des Wachsens kleiner Strukturen auf einem Substrat.

25 Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Vorrichtung 2 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung 2 umfasst eine Einrichtung 4 zur Erzeugung von Bildern. In die Einrichtung 4 ist ein Bildsensor 6 integriert, der als ein CCD-Sensor mit ladungsgekoppelten Bauelementen ausgeführt sein kann. Ebenso ist ein CMOS-Sensor denkbar. Der Bildsensor 6 ist ein handelsüblicher Sensor, wie er

beispielsweise in Videokameras Verwendung findet. Er weist die Eigenschaft auf, dass seine Steuerung hinsichtlich des Betriebsmodus als auch hinsichtlich der Zeit in so einer Weise programmierbar ist, dass die Steuerung einzelner Pixel, 5 ein Zugriff auf die Pixel und das Verschieben von Ladungen bzgl. einzelner Pixel und/oder Zeilen durch eine Signalverarbeitungseinheit, einen Host-Rechner und einen Benutzer definiert werden kann. Darüber hinaus ist die Auslese-Sequenz, in der die einzelnen Pixel des Bildsensors 6 ausgelesen werden können, im Wesentlichen ohne Einschränkung definierbar. Einschränkungen bilden lediglich die durch die Architektur des Bildsensors 6 vorgegebenen zulässigen Grenzen. 10

Die den einzelnen Pixeln des Bildsensors 6 zugeordneten elektrischen Ladungen oder analogen Spannungswerte werden einer Schaltung 8 zugeführt. Die Schaltung 8 ist an die Einrichtung 4 angepasst und arbeitet digital oder wandelt analoge Signale digital um. Die von der Schaltung 8 ausgegebenen Signale werden an eine Auswerteeinheit 10 weitergegeben. Die Auswerteeinheit 10 ist eine Einrichtung zur schnellen Datenverarbeitung, z.B. ein elektronisches DSP-System, und führt Datenverarbeitungsalgorithmen aus. Die Auswerteeinheit 10 zeichnet sich dadurch aus, dass sie die Daten sofort auswerten und Änderungen oder Ereignisse schnell erkennen kann. Hierdurch ist 20 eine unmittelbare Rückkopplung und Steuerung des Betriebsmodus des Bildsensors 6 und/oder externen Einheiten 12 möglich. Auswerteergebnisse können sofort von der Auswerteeinheit 10 ausgegeben werden. Die Programmierung, Steuerung und der Betrieb der Vorrichtung 2, beispielsweise von einem Host-Rechner 14 oder einem Benutzer, erfolgt durch eine Kommunikationseinrichtung 16. Die Kommunikationseinrichtung 16 kann 25 30

Steuer- und Statusinformationen, Programmcodes usw. empfangen, verarbeiten und wieder ausgeben.

Die Vorrichtung 2 umfasst außerdem eine Sensorsteuerung 18.

5 Die Sensorsteuerung 18 steuert die Auslese-Sequenz zum Auslesen des Bildsensors 6. In der Auslese-Sequenz sind diejenigen Pixel angegeben, die in einem Auslesevorgang ausgelesen werden sollen, sowie der Zeitablauf des Auslesens. Die Auslese-Sequenz umfasst außerdem das Taktten, Löschen, Zugreifen, Auslesen oder Aufsummieren der einzelnen Pixel und/oder Zeilen, wobei ein Auslesen in jeder beliebigen Folge möglich ist. Die Auslese-Sequenz kann für jedes aus dem Bildsensor 6 ausgelesenen Teilbild unterschiedlich sein.

15 Angeschlossen an die Vorrichtung 2 ist eine Videoausgabe 20, in der die von der Auswerteeinheit 10 erzeugten Gesamtbilder visuell auf einen Bildschirm ausgegeben werden. Es ist auch möglich, dass die Auswerteeinheit 10 Teilbilder an die Videoausgabe 20 weitergibt, die die Teilbilder zu Gesamtbildern zusammensetzt. Des Weiteren ist ein Gerät 22 an die Vorrichtung 2 angeschlossen. Es ist auch möglich mehrere Geräte anzuschließen. Das Gerät 22 kann ein Laser zur medizinischen Behandlung eines menschlichen Organs sein. Es ist auch möglich, das Gerät 22 zur Positionierung der Einrichtung 4 vorzusehen oder in dem Gerät 22 die aus der Auswerteeinheit 10 ermittelten Ergebnisse in sonstiger Weise weiterzuverarbeiten. Eine detaillierte Beschreibung einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist in der WO 02/25934 A2 beschrieben, wobei der Offenbarungsgehalt dieser Schrift ausdrücklich in diese Figurenbeschreibung mit aufgenommen ist.

Die Vorrichtung 2 ist mit den anhand der folgenden Figuren beschriebenen Verfahren in der Lage, eine Hochgeschwindigkeitsbildverarbeitung, wie z.B. eine Mustererkennung, mit einer zugehörigen Echtzeit-rückgekoppelten Steuerung und einer 5 Erzeugung von visuellen Bildern zur Überwachung eines Vorgangs durchzuführen.

Grundzüge des Verfahrens sind in Figur 2 beschrieben. Ein Gegenstand 28 wird so beleuchtet, dass vom Gegenstand 28 reflektiertes Licht auf den Bildsensor 6 auftrifft. Der Bildsensor 6 weist ein Pixelfeld 24 auf, das der Anschaulichkeit halber aus nur 9x9 Pixeln 26 zusammengesetzt ist. Alle Pixel 26 des Pixelfelds 24 bilden zusammen den Gegenstand 28 ab. Der Bildsensor 6 wird von der Sensorsteuerung 18 so angesteuert, dass innerhalb eines ersten Zeitintervalls Δt_1 drei Pixelzeilen 30 aus dem Pixelfeld 24 Bildsensors 6 ausgelesen werden, und zwar die erste Zeile sowie die vierte und siebte Zeile. Diese Pixelzeilen 30 sind in Figur 2 schraffiert gezeichnet. Das erste Teilbild 32 besteht somit aus drei nicht 15 zusammenhängenden Pixelbereichen. Die den einzelnen Pixeln 26 der ausgelesenen Pixelzeilen 30 zugeordneten Werte werden über die Schaltung 8 der Auswerteeinheit 10 zugeführt. Die drei ausgelesenen Pixelzeilen 30 bilden ein erstes Teilbild 32. Das Teilbild 32 setzt sich aus den Pixeln 26 zusammen, 20 die in drei vollständig ausgelesenen Pixelzeilen 30 innerhalb des Pixelfelds 24 des Bildsensors 6 angeordnet sind. Zwischen den Pixelzeilen 30 des Teilbilds 32 sind jeweils zwei Pixelzeilen angeordnet, die innerhalb des ersten Zeitintervalls Δt_1 nicht ausgelesen werden.

Innerhalb eines späteren zweiten Zeitintervalls Δt_2 wird ein zweites Teilbild 34 aus dem Pixelfeld 24 des Bildsensors 6, gesteuert durch die Sensorsteuerung 8, ausgelesen. Das zweite Teilbild 34 ist wiederum aus drei Pixelzeilen 30 zusammengesetzt, die ebenfalls durch zwei innerhalb des Zeitintervalls Δt_2 nicht ausgelesene Pixelzeilen voneinander getrennt sind. Das Teilbild 34 ist aus den Pixeln 26 der zweiten, fünften und achten Pixelzeile 30 des Pixelfelds 24 des Bildsensors 6 zusammengesetzt. Das Teilbild 34 unterscheidet sich somit vom Teilbild 32 dadurch, dass die Auslese-Sequenz des zweiten Teilbilds 34 um eine Pixelzeile bzgl. der Auslese-Sequenz des ersten Teilbilds 32 versetzt ist. Die den Pixeln 26 der ausgelesenen Pixelzeilen 30 des zweiten Teilbilds 34 zugeordneten Werte werden ebenfalls der Auswerteeinheit 10 zugeführt. Die drei Teilbilder 32, 34, 36 sind so angeordnet, dass sie sich nicht überdecken.

In einem wiederum späteren Zeitintervall Δt_3 wird ein drittes Teilbild 36 aus dem Pixelfeld 24 des Bildsensors 6 ausgelesen. Das dritte Teilbild 36 ist gegenüber dem zweiten Teilbild 34 wiederum um eine Pixelzeile nach unten verschoben angeordnet und ist ansonsten gleich wie die beiden vorhergehend ausgelesenen Teilbilder 32 und 34. Auch die aus dem dritten Teilbild 36 resultierenden Werte werden der Auswerteeinheit 10 zur weiteren Auswertung zugeführt.

In der Auswerteeinheit 10 wird eine Bildsummierung S durchgeführt. Aus dieser Bildsummierung S ergibt sich ein Gesamtbild 38, das aus den Teilbildern 32, 34, 36 zusammengesetzt ist. Das Gesamtbild 38 deckt alle Pixel 26 des Pixelfelds 24 des Bildsensors 6 ab. Durch das Gesamtbild 38 wird der Gegenstand

28 vollständig abgebildet. Das Gesamtbild 38 wird innerhalb eines vierten Zeitintervalls Δt_4 auf einem Bildschirm der Videoausgabe 20 visuell ausgegeben. Das vierte Zeitintervall Δt_4 ist etwa genauso lang wie die Summe der drei Zeitintervalle Δt_1 bis Δt_3 . Während das Gesamtbild 38 auf dem Bildschirm angezeigt wird, werden weitere Teilbilder aus dem Bildsensor 6 ausgelesen, wobei ein vierter Teilbild in seiner Auslese-Sequenz identisch ist wie das erste Teilbild - bis auf den Auslesezeitpunkt - und auch das fünfte Teilbild dem zweiten Teilbild 34 entspricht.

10 In Figur 3 ist eine Möglichkeit für einen zeitlichen Ablauf des Verfahrens gezeigt. Zu einem ersten Zeitpunkt, der in Figur 3 mit 0 ms markiert ist, beginnt die Integration I_{11} eines ersten Teilbilds T_{11} . Hierbei werden in den Pixeln 26 des Bildsensors 6, die dem ersten Teilbild T_{11} zugeordnet sind, durch Lichteinwirkung erzeugte Ladungen aufsummiert. Dieser Vorgang dauert beispielsweise 1 Millisekunde (ms) und endet zum Zeitpunkt, der in Figur 3 mit 1 ms gekennzeichnet ist. Zu 15 diesem Zeitpunkt wird von der Sensorsteuerung 18 das Auslesen A_{11} der Pixel 26 gesteuert, die dem ersten Teilbild T_{11} zugeordnet sind. In dem in Figur 3 gezeigten Ablaufbeispiel dauert auch das Auslesen A_{11} 1 ms und endet zu einem Zeitpunkt, der 2 ms hinter dem Anfang des Verfahrens liegt und mit 2 ms 20 gekennzeichnet ist. Die aus dem Bildsensor 6 ausgelesenen Werte werden anschließend der Auswerteeinheit 10 zugeführt, die die Werte wiederum innerhalb eines Zeitintervalls von 1 ms auswertet und daraus eine Eigenschaft eines betrachteten Gegenstands ermittelt E_{11} . Innerhalb des gleichen Zeitintervalls von 2 ms bis 3 ms werden die ausgelesenen Werte durch 25 die Auswerteeinheit 10 gespeichert S_{11} . Ebenfalls gespeichert 30

oder an eine Kommunikationseinrichtung 16 oder an ein Gerät 22 oder an eine sonstige Einheit 12 weitergegeben wird auch die durch die Ermittlung E_{11} errechnete Eigenschaft des Gegenstands 28, beispielsweise seine Position, Größe oder sein
5 Lichtreflexionsverhalten.

Während des gleichen Zeitraums, in dem die dem ersten Teilbild T_{11} zugeordneten Pixel aus dem Bildsensor 6 ausgelesen wurden, werden die einem zweiten Teilbild T_{12} zugeordneten
10 Pixel aufintegriert I_{12} . Das Aufintegrieren I_{12} und das gleichzeitig stattfindende Auslesen A_{11} muss hierbei nicht vollkommen synchron stattfinden, wie dies in Figur 3 der Einfachheit halber dargestellt ist, sondern kann sich auch nur teilweise zeitlich überdecken. So kann der Auslesevorgang A_{11}
15 beispielsweise in einem kürzeren Zeitintervall erfolgen als die Integration I_{12} . Der dem zweiten Teilbild T_{12} zugeordnete Vorgang des Integrierens I_{12} , Auslesens A_{12} , Ermittelns E_{12} einer oder mehrerer Eigenschaften des Gegenstands sowie das Speichern S_{12} der ausgelesenen Werte läuft im Wesentlichen
20 gleich ab, wie es oben bezüglich des ersten Teilbilds T_{11} beschrieben ist, wobei die dem zweiten Teilbild T_{12} zugeordneten Abläufe jeweils um 1 ms später als beim ersten Teilbild T_{11} stattfinden.

25 Ebenfalls um 1 ms gegenüber dem zweiten Teilbild T_{12} zeitlich nach hinten versetzt werden die Pixel, die einem dritten Teilbild T_{13} zugeordnet sind, integriert I_{13} , ausgelesen A_{13} und die Werte gespeichert S_{13} . Wie bei den vorhergehenden Teilbildern T_{11} und T_{12} erfolgt auch das Ermitteln E_{13} der Eigenschaft oder der Eigenschaften des Gegenstands zumindest teilweise gleichzeitig wie das Speichern S_{13} der ausgelesenen
30

Pixelwerte. Wie aus Figur 3 leicht zu ersehen ist, erfolgen zu einem beliebigen Zeitintervall die Vorgänge der Integration I_{ii} , des Auslesens A_{ii} und des Berechnens bzw. des Ermittelns E_{ii} der Eigenschaft oder der Eigenschaften des Gegenstands sowie das Speichern S_{ii} der ausgelesenen Werte gleichzeitig. Der Anschaulichkeit halber sind die Zeitabläufe in Figur 3 vereinfacht dargestellt, wobei die Gleichzeitigkeit nicht vollständig sein muss.

10 Bedingt durch die geringe Pixelanzahl der einzelnen Teilbilder T_{ii} können die Zeitintervalle, die in Figur 3 beispielhaft mit 1 ms angegeben sind, sehr kurz gehalten werden. Das Verfahren ist extrem schnell durchführbar, da die verschiedenen Verfahrensschritte synchron ausgeführt werden. Eine oder 15 mehrere Eigenschaften des betrachteten Gegenstands können somit in einer sehr schnellen Zeitabfolge hintereinander ermittelt werden.

20 Nachdem der Vorgang des Ermittelns E_{13} bzgl. der aus dem dritten Teilbild T_{13} ermittelten Eigenschaften abgeschlossen ist, dieser Zeitpunkt ist in Figur 3 mit 5 ms angegeben, werden die aus den Teilbildern T_{1i} ermittelten Werte von der Auswerteeinheit 10 an die Videoausgabe 20 weitergegeben. In 25 der Videoausgabe 20 werden die den Teilbildern T_{1i} zugeordneten Werte zu einem Gesamtbild zusammengesetzt und anschließend auf einem Monitor angezeigt G_1 . Der Beginn des Anzeigens G_1 des ersten Gesamtbilds ist in Figur 3 beispielhaft bei 6,5 ms angegeben.

30 Nachdem die Integration I_{13} des letzten Teilbilds T_{13} , das dem ersten Gesamtbild zugeordnet ist, beendet wurde, werden die

Pixel, die einem nächsten ersten Teilbild T_{21} zugeordnet sind, integriert I_{21} . Das nächste erste Teilbild T_{21} kann in seiner Pixelzusammensetzung identisch sein wie das erste oben genannte erste Teilbild T_{11} . Es ist auch denkbar, dass die 5 Pixelzusammensetzungen der Teilbilder T_{21} und T_{11} voneinander abweichen, wie dies beispielhaft in Figur 5 dargestellt ist. Ebenso wie mit dem ersten Teilbild T_{11} wird auch mit dem nächsten ersten Teilbild T_{21} verfahren, wobei die diesem 10 Teilbild T_{21} zugeordneten Pixel integriert I_{21} , ausgelesen A_{21} und gespeichert S_{21} werden. Zumindest teilweise synchron zum Speichern S_{21} werden Eigenschaften des Gegenstands ermittelt E_{21} . Das Teilbild T_{21} wird später in einem zweiten Gesamtbild durch die Videoausgabe 20 auf einem Bildschirm angezeigt.

15 In Figur 4 ist ein Auge 40 in schematischer Art und Weise dargestellt. Das Auge 40 weist eine Iris 42 auf, von der in Figur 4 nur der äußere Umfang dargestellt ist. Innerhalb der Iris 42 ist die Pupille 44 ebenfalls nur anhand einer einzelnen Linie dargestellt. Von dem Auge 40 ausgehendes Licht 20 fällt so in den Bildsensor 6, dass die in Figur 4 nicht einzeln dargestellten Pixel des Bildsensors 6 die Iris 42 vollständig und auch das Auge 40 bis auf seine äußersten Bereiche vollständig abbilden. Das gesamte Pixelfeld 46 setzt sich aus einer Anzahl von $n \times n$ Pixeln 26 zusammen, die in Figur 4 nicht 25 einzeln gezeigt sind.

In Figur 4 ebenfalls dargestellt ist ein Teilbild 48, das aus sieben Pixelzeilen 48a, 48b, 48c usw. zusammengesetzt ist. Die den Pixelzeilen 48a, 48b usw. zugeordneten Werte werden 30 in der Auswerteeinheit 10 ausgewertet, wobei der Grauwertverlauf von einem Pixel zum nächsten in einer Funktion wiederge-

geben wird. Diese Funktion wird anhand einer Eigenschaftsvorgabe beispielsweise auf einen Wendepunkt hin untersucht. An einem solchen Wendepunkt ist der Unterschied der Grauwerte zweier benachbarter Pixel besonders groß. Auf diese Weise 5 können von der Auswerteeinheit 10 Stellen im Auge 40 ermittelt werden, die im Folgenden als Stützstellen 50b, 50d, 50e usw. bezeichnet werden. Im in Figur 4 gezeigten Beispiel konnte aus der Pixelzeile 48a keine Stützstelle ermittelt werden, aus der Pixelzeile 48b resultieren zwei Stützstellen 10 50b und aus der Pixelzeile 48d resultieren vier Stützstellen 50d und 52d. Aus diesen Stützstellen 50b, 50d und 52d wird anhand der weiteren Eigenschaftsvorgabe, dass sowohl die Iris 42 als auch die Pupille 44 als kreisförmig zu betrachten sind, der Umriss sowohl der Iris 42 als auch der Pupille 44 15 bestimmt. Aus diesen Umrissen wird dann der Mittelpunkt 54 der Iris 42 bzw. der Pupille 44 berechnet. Auf diese, der Anschaulichkeit halber stark vereinfachte Weise wird als Eigenschaft die Position der Iris 42 anhand des Mittelpunkts 54 bestimmt. Die ermittelte Position kann von der Auswerteein- 20 heit 10 nun an eine Gerät 22 weitergegeben werden, das beispielsweise einen medizinischen Laser zur Durchführung einer Augenoperation steuert. Da zur Berechnung der Position der Iris 42 nur relativ wenige Stützstellen 50b, 50d, 52d und somit nur wenige Pixelzeilen nötig sind, vollzieht sich die Berechnung des Mittelpunkts 54 bzw. der Position der Iris 42 25 sehr schnell.

Die dem Teilbild 48 zugeordneten Pixelwerte werden in der Auswerteeinheit 10 gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. Dieses Gesamtbild 30 wird von der Auswerteeinheit 10 an die Videoausgabe 20 über-

mittelt und dort auf einem Überwachungsbildschirm für einen behandelnden Arzt angezeigt. Der behandelnde Arzt sieht somit die Iris 42 vollständig und hoch aufgelöst auf seinem Überwachungsbildschirm und kann damit die Operation durchführen und überwachen. Die Integration, das Auslesen und das Berechnen einer Eigenschaft bzgl. eines Teilbilds 48 dauert jeweils unter 1 ms. Es werden somit mehr als 1000 Teilbilder pro Sekunde und somit mehr als 1000 Eigenschaften bzw. Positionen der Iris 42 berechnet. Anhand dieser Positionen kann ein medizinischer Laser in der Weise gesteuert werden, dass er bei einer Bewegung der Iris 42 entweder nachgeführt oder erst abgeschaltet und dann nachgeführt wird. Die einzelnen Vorgänge erfolgen so schnell, dass sie dem Arzt nicht im Detail angezeigt werden. Der Arzt sieht nur das hoch aufgelöste vollständige Bild der Iris 42, in dem auch die momentane Position des Lasers angezeigt ist. Die Wiederholungsrate der Gesamtbilder beträgt 40 Hz. Ein Gesamtbild umfasst jeweils mehr als 25 Teilbilder.

Figur 5 stellt in schematischer Weise dar, wie ein Gegenstand 56 in seiner Bewegung verfolgt wird. Innerhalb eines Pixelfelds 58 eines Bildsensors wird ein Gegenstand 56 abgebildet. Der Gegenstand 56 füllt nur einen kleinen Teil des Gesamtpixelfelds 58 aus. Die Größe des Gegenstands 56 wurde in einer Abfolge von Teilbildern ermittelt, wobei dem Gegenstand 56 ein Gesamtbildfeld 60 zugeordnet wurde. Das Gesamtbildfeld 60 deckt nur einen kleinen Teil des Pixelfelds 58 des Bildsensors ab. Ab einem Zeitpunkt t_1 wird ein erstes Teilbild T_1 nur innerhalb des Gesamtbildfelds 60 aufgenommen. Das Teilbild T_1 umfasst sechs Pixelzeilen. Wie zu Figur 4 beschrie-

ben, wird die Position des Gegenstands 56 aus den dem Teilbild T_1 zugeordneten Werten ermittelt.

Ab einem zweiten Zeitpunkt t_2 wird wiederum ein Teilbild T_2 5 aufgenommen. Zwischen den Teilbildern T_1 und T_2 können weitere Teilbilder aufgenommen worden sein. Aus den Werten, die dem Teilbild T_2 zugeordnet sind, wird erneut die Position des Gegenstands 56 berechnet. Der Gegenstand 56 befindet sich zum Zeitpunkt t_2 in einer anderen Position als zum Zeitpunkt t_1 10 und ist, wie in Figur 5 dargestellt, ein Stück weit nach unten links gewandert. Aus der Wanderung des Gegenstands 56 wird durch die Auswerteeinheit 10 als weitere Eigenschaft des Gegenstands 56 die Bewegungsgeschwindigkeit des Gegenstands 56 ermittelt. Aus dieser Bewegungsgeschwindigkeit wird er- 15 rechnet, wann der Gegenstand 56 an die Grenzen des Gesamt- bildfelds 60 stößt.

Zu einem Zeitpunkt t_3 , der vor diesem errechneten Zeitpunkt 20 liegt, wird durch die Auswerteeinheit 10 die Sensorsteuerung 18 in der Weise angesteuert, dass ab dem Zeitpunkt t_3 Teilbilder ausgelesen werden, die in einem neuen Gesamtbildfeld 62 zu liegen kommen. Die Verschiebung des Gesamtbildfelds 62 zum Gesamtbildfeld 60 ist an die Bewegungsgeschwindigkeit des Gegenstands 56 in der Weise angepasst, dass die durch den 25 Bildsensor aufgenommenen Teilbilder den Gegenstand 56 immer vollständig abdecken. Aus einem zum Zeitpunkt t_3 aufgenommenen und in Figur 5 nicht gezeigten Teilbild wird wiederum die Position des Gegenstands 56 ermittelt, wobei die Position des Gegenstands 56 nicht der aus der Bewegungsgeschwindigkeit be- 30 rechneten Position entspricht. Die Größe des Gesamtbildfelds 62 ist jedoch so gewählt, dass der Gegenstand 56 bei einer

Abweichung der Position trotzdem noch von dem Gesamtbildfeld 62 vollständig abgedeckt wird.

Zu einem späteren Zeitpunkt t_4 ist das Gesamtbildfeld 64 bereits mit dem Gegenstand 56 weitergewandert und kommt im Wesentlichen am Rand des Pixelfelds 58 des Bildsensors zu liegen. Durch seine Bewegung droht der Gegenstand 56 aus dem Pixelfeld 58 zu laufen. Dies wird von der Auswerteeinheit 10 erkannt, die ein Gerät 22 in der Weise steuert, dass die Position des Bildsensors in vorgegebener Weise der Bewegung des Gegenstands 56 nachgesteuert wird. Zu den dem Zeitpunkt t_4 nachfolgenden Zeitpunkten weist das Pixelfeld 66 des Bildsensors daher eine gegenüber dem Pixelfeld 58 verschobene Lage auf, so dass das Gesamtbildfeld 64 wieder der Bewegung des Gegenstands 56 nachgeführt werden kann. Die Teilbilder zu den in Figur 5 gezeigten Zeitpunkten überdecken jeweils nur den Bereich des jeweiligen Gesamtbildfelds 60, 62, 64. Die Teilbilder sind somit jeweils aus einer Anzahl von nur teilweise ausgelesenen Pixelzeilen des Bildsensors zusammengesetzt. Das ausgegebene oder zur Weiterverarbeitung weitergeleitete Gesamtbild deckt somit ebenfalls die Fläche des jeweiligen Gesamtbildfelds 60, 62, 64 ab. Hierdurch wird einer Überwachungsperson oder einer Überwachungseinheit nur der jeweils bzgl. des Gegenstands 56 relevante Bildausschnitt in einem Gesamtbild angezeigt.

In Figur 6 ist die Verfolgung eines Gegenstands 68 gezeigt, dessen Form sich im Laufe der Zeit verändert. Wie in Figur 5 wird aus dem gesamten Pixelfeld 70 eines Bildsensors nur ein Ausschnitt in einem Gesamtbildfeld 72 ausgewertet und in einem Gesamtbild ausgegeben. Der Gegenstand 68 wird, wie oben

beschrieben, anhand einer Abfolge von Teilbildern verfolgt, wobei anhand einer Berechnungsvorgabe ein Mittelpunkt 74 des Gegenstands jeweils ermittelt wird. Dieser als Position des Gegenstands 68 zu verstehende Mittelpunkt 74 bildet auch den 5 Mittelpunkt des Gesamtbildfelds 72, das somit kontinuierlich der langsamen Bewegung des Gegenstands 68 nachgeführt wird. Zu einem späteren Zeitpunkt befindet sich das Gesamtbildfeld 72 in der in Figur 6 gestrichelt gezeichneten Position. Gleichzeitig befindet sich der Gegenstand 68 ebenfalls in der 10 gestrichelten Position.

In dem Teilbild, das der durchgezogenen Position des Gegenstands 68 zugeordnet ist, wird neben dem Mittelpunkt 74 des Gegenstands 68 auch die Form des Gegenstands 68 berechnet.

15 Diese Form wird als Eigenschaftsvorgabe bei der Berechnung der Form des Gegenstands 68 in einem folgenden Teilbild vorgegeben, wobei eine Abweichung der Form zugelassen wird. Durch diese Eigenschaftsvorgabe kann die Berechnung der Form und der Position des Gegenstands 68 im Teilbild vereinfacht durchgeführt werden, da nur bestimmte Formen und Positionen möglich 20 sind. Hierdurch kann die Anzahl der pro Teilbild der auszulesenden Pixel gering gehalten werden. Jedes Teilbild kann somit sehr schnell ausgelesen und die Eigenschaft kann sehr schnell berechnet werden.

25 Dadurch, dass bei der Eigenschaftsvorgabe auch eine Veränderung der Form des Gegenstands 68 zugelassen ist, wird die Eigenschaftsvorgabe, die von Teilbild zu Teilbild weitergereicht wird, an die aktuelle Form des Gegenstands 68 angepasst. Es ist auch möglich, die Eigenschaftsvorgabe nur jeweils nach einer Anzahl von Teilbildern anzupassen. Der Ge- 30

genstand 68 kann somit auf sehr effiziente und schnelle Weise in seiner Position und Form verfolgt werden.

5 Die Auswahl der Pixel eines Teilbilds ist an die Form des Ge-
genstands 68 angepasst. Es ist somit auch möglich, dass ein
Teilbild nur einen Teil des Gesamtbildfelds abdeckt. Dieses
Teilbild wird möglicherweise bei einer späteren Zusammenset-
zung eines Gesamtbilds nicht berücksichtigt, weil auch ohne
dieses Teilbild genügend Teilbilder zur Verfügung stehen, um
10 einer Überwachungsperson ein flimmerfreies Gesamtbild zur
Verfügung zu stellen. Dieses Teilbild dient somit nur der Ei-
genschaftsberechnung.

15 Eine weitere Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens ist in Fi-
gur 7 dargestellt. Ein Pixelfeld 76 eines Bildsensors wird
mit einer Abfolge von Teilbildern 78 ausgelesen. Die Teilbil-
der 78 bestehen jeweils aus sechs Pixelzeilen, wobei ein
nächstfolgendes Teilbild 78 gegenüber dem vorausgehenden
Teilbild 78 um jeweils eine Pixelzeile nach unten verschoben
20 ist. Dies ist durch die Pfeile 80 angedeutet. Das Pixelfeld
76 ist auf eine Trägerplatte ausgerichtet, auf der eine An-
zahl von biologischen Kulturen 82 aufgebracht ist. Diese Kul-
turen 82 werden von einem Gerät 84 mit Licht 86 bestrahlt und
wachsen im Laufe der Zeit, was durch die gestrichelten Linien
25 angedeutet ist. Die Kulturen 82 sollen hierbei möglichst so
wachsen, dass sie eine weitgehend runde Form annehmen.

30 Die Wachstumsgeschwindigkeit der Kulturen 82, und damit zu-
sammenhängend die Form der Kulturen, kann durch die Intensi-
tät des eingestrahlten Lichts 86 beeinflusst werden. Anhand
der Werte aus den einzelnen Teilbildern 78 wird jeweils die

momentane Form der einzelnen Kulturen 82 ermittelt und in einer Auswerteeinheit überwacht. Wird in der Auswerteeinheit festgestellt, dass sich die Kulturen 82 über ein festgelegtes Maß hinaus ungünstig entwickeln, so wird das Gerät 84 in der 5 Weise angesteuert, dass die Intensität und gegebenenfalls die Frequenz des eingestrahlten Lichts verändert wird. Es wird hierdurch ein Regelkreis beschritten. Das Wachstum der Kulturen 82 wird weiterhin beobachtet und die Lichtintensität oder -frequenz entsprechend dem Wachstum der Kulturen 82 geregelt.

10 Es ist möglich, dass ein Bediener ein zuerst auf das Pixelfeld 76 ausgerichtetes Gesamtbildfeld auch auf einen speziellen kritischen Bereich 92 richten kann. In Figur 7 ist ein solcher Bereich dargestellt, an dem mehrere Kulturen 82 im 15 Laufe der Zeit zusammenwachsen. Der Bediener kann das Gesamtbildfeld vom Pixelfeld 76 auf ein neues Gesamtbildfeld 88 reduzieren und diese Stelle gesondert und besonders fein überwachen. Es ist hierbei möglich, die Teilbilder weiterhin das gesamte Pixelfeld 76 durchlaufen zu lassen oder neue Teilbilder 20 90 nur in der Weise aus dem Gesamtpixelfeld 76 des Bildsensors auszuwählen, dass die Teilbilder 90 nur das Gesamtbildfeld 88 durchlaufen.

25 In einer weiteren Ausführungsvariante ist es auch möglich, dass ein Bediener zwar immer nur ein dem Pixelfeld 76 entsprechendes Gesamtbild gezeigt bekommt, eine Auswerteeinheit jedoch selbständig eine Fläche auswählt, in der zusätzliche Teilbilder 94 erzeugt werden. In Figur 7 ist zwischen jeder Pixelzeile des Teilbilds 78 eine zusätzliche Pixelzeile zwischengeordnet, die zum Teilbild 94 gehört. Es wird somit zusätzlich zum Teilbild 78 auch das Teilbild 94 aufgenommen,

wobei die Aufnahme der Teilbilder 78, 94 gleichzeitig oder nacheinander erfolgen kann. Hierdurch wird eine besonders exakte und besonders schnelle Überwachung der Kulturen 82 erreicht, die sich innerhalb der Fläche 92 befinden. Eine 5 Steuerung des Geräts 84 und eine entsprechende Bestrahlung der Kulturen 82 mit Licht 86 kann auf diese Weise speziell auf die kritischen Kulturen 82 innerhalb des Bereichs 92 ausgerichtet werden. Es wird hierdurch eine sehr schnelle und besonders effiziente Steuerung des Geräts 84 auf einen oder 10 mehrere kritische Bereiche 92 erreicht.

-.-.-.-.-.-.-.-.-.-

25.11.02

Bezugszeichen

5

2	Vorrichtung	48b	Pixelzeile
4	Einrichtung	48c	Pixelzeile
6	Bildsensor	48d	Pixelzeile
8	Schaltung	50b	Stützstelle
10	Auswerteeinheit	50d	Stützstelle
12	Einheit	52d	Stützstelle
14	Host-Rechner	54	Mittelpunkt
16	Kommunikationseinrich- tung	56	Gegenstand
18	Sensorsteuerung	58	Pixelfeld
20	Videoausgabe	60	Gesamtbildfeld
22	Gerät	62	Gesamtbildfeld
24	Pixelfeld	64	Gesamtbildfeld
26	Pixel	66	Pixelfeld
28	Gegenstand	68	Gegenstand
30	Pixelzeile	70	Pixelfeld
32	Teilbild	72	Gesamtbildfeld
34	Teilbild	74	Mittelpunkt
36	Teilbild	76	Pixelfeld
38	Gesamtbild	78	Teilbild
40	Auge	80	Pfeil
42	Iris	82	Kultur
44	Pupille	84	Gerät
46	Pixelfeld	86	Licht
48	Teilbild	88	Gesamtbildfeld
48a	Pixelzeile	90	Teilbild
		92	Bereich

94 Teilbild
 Δt_1 Zeitintervall
 Δt_2 Zeitintervall
 Δt_3 Zeitintervall
 Δt_4 Zeitintervall
S Bildsummierung
T Teilbild
 T_{ii} Teilbild
 I_{ii} Integration
 A_{ii} Auslesen
 E_{ii} Ermitteln
 S_{ii} Speichern
 G_1 Anzeigen
 t_1 Zeitpunkt
 t_2 Zeitpunkt
 t_3 Zeitpunkt
 t_4 Zeitpunkt

.....

25.11.02

5

Ansprüche

1. Verfahren zum Erfassen einer Eigenschaft mindestens eines Gegenstands (28, 56, 68,), bei dem

10 a. vom Gegenstand (28, 56, 68,) beeinflusste Lichtstrahlung einem Bildsensor (6) zugeführt wird,

b. mindestens zwei unterschiedliche aus Pixeln (26) bestehende Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94) nacheinander aus dem Bildsensor (6) ausgelesen (A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_{21}) werden und den Pixeln (26) zugeordnete Werte einer Auswerteeinheit (10) zugeführt werden,

15 c. aus den Werten, die einem Teilbild (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T_1 , T_2) zugeordnet sind, jeweils die Eigenschaft des Gegenstands (28, 56, 68,) ermittelt (E_{11} , E_{12} , E_{13} , E_{21}) wird,

20 d. die Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T_1 , T_2) zu einem Gesamtbild (38) zusammengesetzt werden, das zur weiteren Verarbeitung ausgegeben wird.

25 2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Ermitteln (E_{11} , E_{12} , E_{13} , E_{21}) der Eigenschaften aus Werten eines Teilbilds (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T_1 , T_2) und das Auslesen (A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_{21}) eines folgenden Teilbilds (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T_1 , T_2) zum mindest teilweise gleichzeitig erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass sich die Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂)
nicht überdecken.

5

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) aus
mindestens zwei nicht zusammenhängenden Pixelbereichen zusam-
mengesetzt sind.

10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78) jeweils aus einer
15 Anzahl von vollständig ausgelesenen Pixelzeilen (30, 48a,
48b, 48c, 48d) des Bildsensors (6) zusammengesetzt werden.

15

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
20 dass die Teilbilder (90, 94, T₁, T₂) jeweils aus einer Anzahl
von nur teilweise ausgelesenen Pixelzeilen des Bildsensors
(6) zusammengesetzt werden.

20

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,
25 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,**
dass die Pixelzeilen (30, 48a, 48b, 48c, 48d) eines Teilbilds
(32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) jeweils durch eine vor-
gegebene Anzahl nicht auszulesender Pixelzeilen voneinander
beabstandet sind.

30

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auslese-Sequenz eines auf ein erstes Teilbild (32,
48, 78, 90, 94, T₁, T₂) abfolgend ausgelesenen zweiten Teil-
5 bilds (34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) um eine Pixelzeile zum
ersten Teilbild (32, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) versetzt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
10 dass die Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) in
einer solchen Zeit ausgelesen (A₁₁, A₁₂, A₁₃, A₂₁) werden, dass
mindestens 10 Gesamtbilder (38) pro Sekunde ausgegeben werden
können.

15 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Teilbild (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) aus
nur so vielen Pixel (26) besteht, dass das Auslesen (A₁₁, A₁₂,
A₁₃, A₂₁) eines Teilbilds (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂)
20 und das Ermitteln (E₁₁, E₁₂, E₁₃, E₂₁) der Eigenschaft jeweils
innerhalb von 10 ms erfolgen kann.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
25 dass als Eigenschaft mindestens ein Parameter des Gegenstands
(28, 56, 68,) aus der Gruppe
Position, Abmessung, Form, Veränderung der Form, Bewe-
gungsgeschwindigkeit, Farbe, Helligkeit, Lichtreflexions-
verhalten des Gegenstands (28, 56, 68,)
30 ermittelt (E₁₁, E₁₂, E₁₃, E₂₁) wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Eigenschaft mit Hilfe einer Eigenschaftsvorgabe er-
mittelt (E₁₁, E₁₂, E₁₃, E₂₁) wird.

5

13. Verfahren nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Eigenschaftsvorgabe aus mindestens einer bereits er-
mittelten Eigenschaft abgeleitet wird.

10

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auslese-Sequenz eines Teilbilds (78, 90, 94, T₁, T₂)
anhand einer aus einem vorhergehenden Teilbild (78, 90, 94,
15 T₁, T₂) ermittelten (E₁₁, E₁₂, E₁₃, E₂₁) Eigenschaft des Gegen-
stands (28, 56, 68,) gesteuert wird.

15

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
20 dass mit mindestens einem aus der Eigenschaft des Gegenstands
(28, 56, 68,) gewonnenen Wert ein Gerät (22) gesteuert wird.

20

16. Verfahren nach Anspruch 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
25 dass ein Gerät (22) aus der Gruppe
Lasergerät zur operativen Behandlung eines Auges, Ausrich-
tungsvorrichtung zur Positionierung des Bildsensors (6)
relativ zur Lage des Gegenstands, Lichteinstrahlungsvor-
richtung, Vorrichtung zur Steuerung eines elektrischen Pa-
30 rameters, Roboter,
gesteuert wird.

30

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Geräteparameter in Verbindung mit mindestens einem
aus der Eigenschaft des Gegenstands (28, 56, 68,) gewonnenen
5 Wert geregelt wird.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Veränderung der Eigenschaft des Gegenstands (28, 56,
10 68,) durch eine Abfolge von Gesamtbildern (38) dargestellt
wird.

25.11.02

5

Verfahren zum Erfassen einer Eigenschaft mindestens eines Gegenstands

Zusammenfassung

10

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Erfassen einer Eigenschaft mindestens eines Gegenstands (28, 56, 68.).

Es wird vorgeschlagen, dass

- 15 a. vom Gegenstand (28, 56, 68,) beeinflusste Lichtstrahlung einem Bildsensor (6) zugeführt wird,
- b. mindestens zwei unterschiedliche aus Pixeln (26) bestehende Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) nacheinander aus dem Bildsensor ausgelesen (A₁₁, A₁₂, A₁₃, A₂₁) werden und den Pixeln (26) zugeordnete Werte einer Auswerteeinheit (10) zugeführt werden,
- 20 c. aus den Werten, die einem Teilbild (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) zugeordnet sind, jeweils die Eigenschaft des Gegenstands ermittelt (E₁₁, E₁₂, E₁₃, E₂₁) wird,
- 25 d. die Teilbilder (32, 34, 36, 48, 78, 90, 94, T₁, T₂) zu einem Gesamtbild (38) zusammengesetzt werden, das zur weiteren Verarbeitung ausgegeben wird.

30 (Fig. 4)

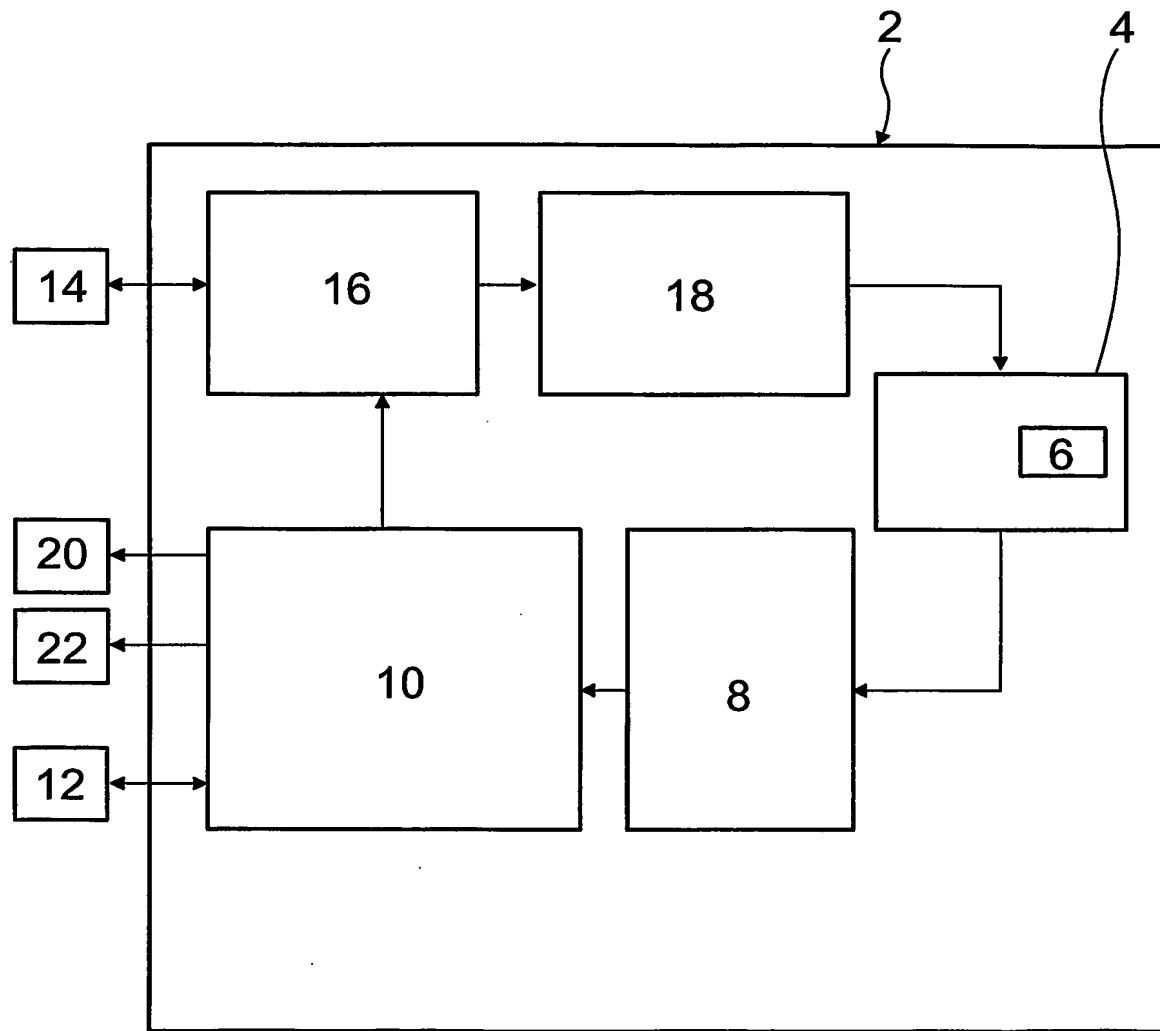


Fig. 1

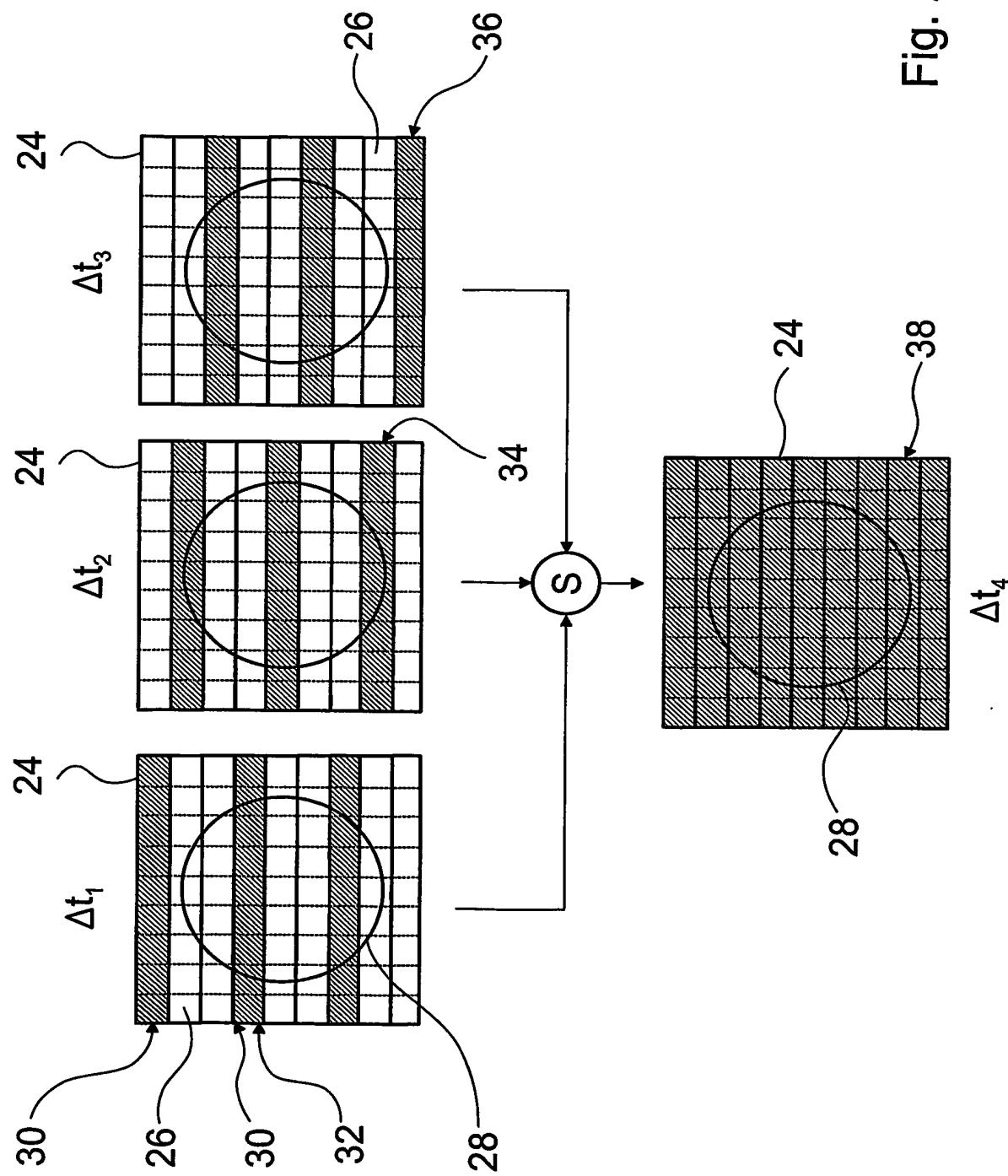


Fig. 2

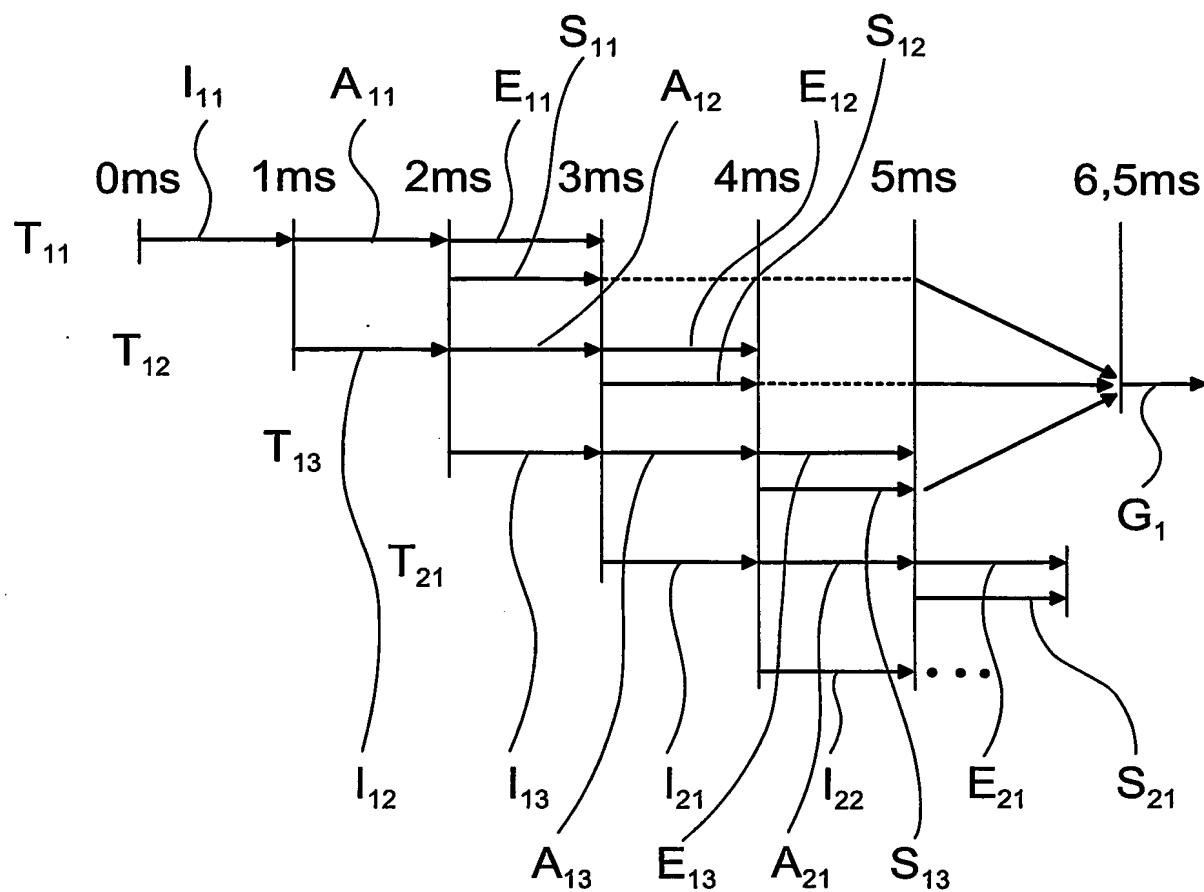


Fig. 3

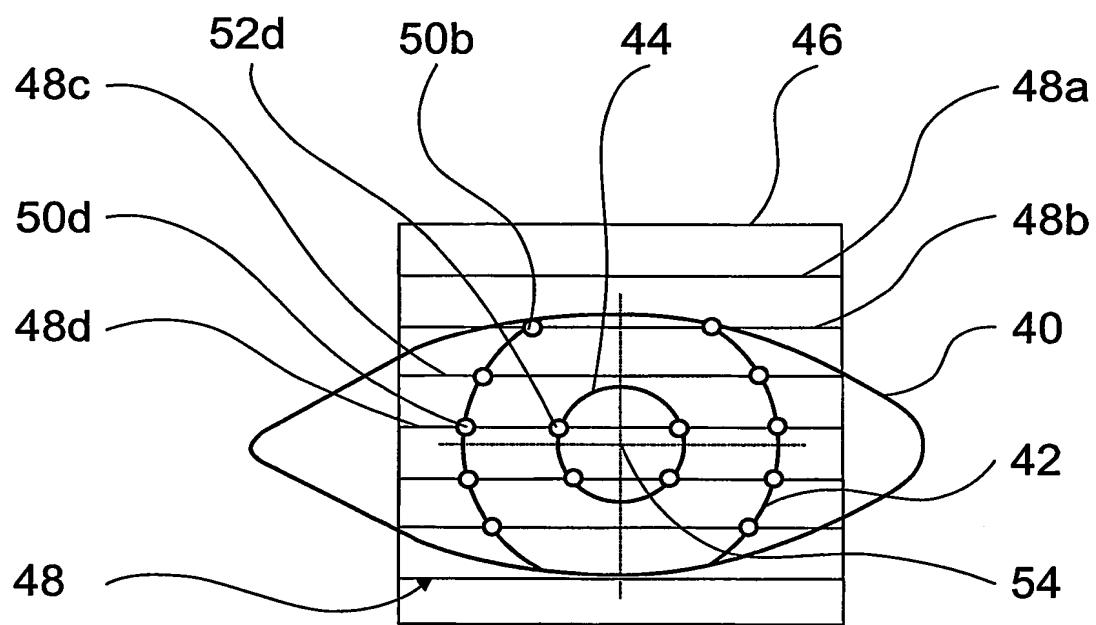


Fig. 4

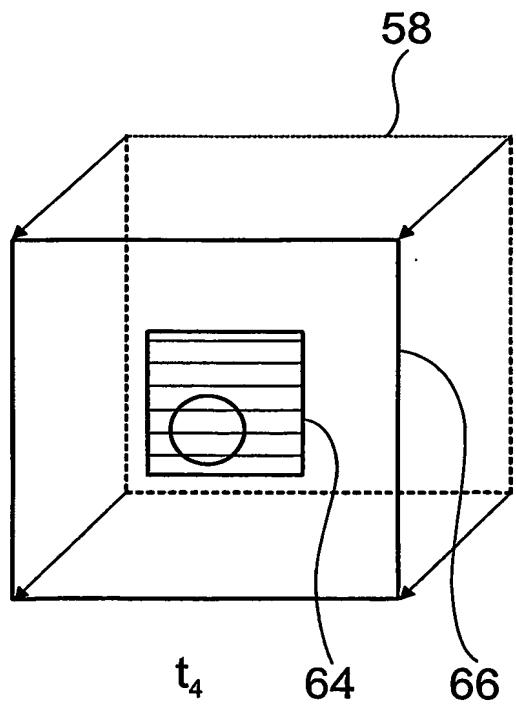
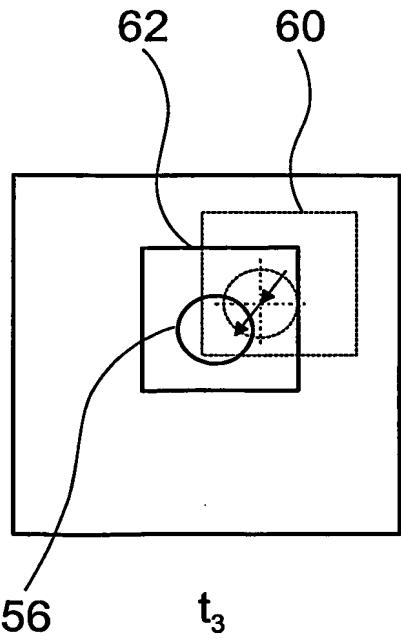
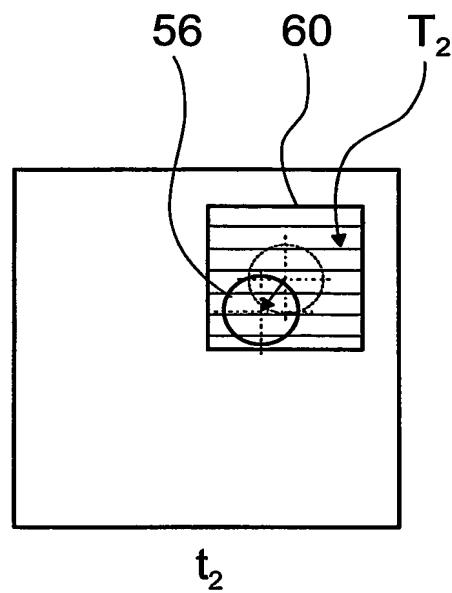
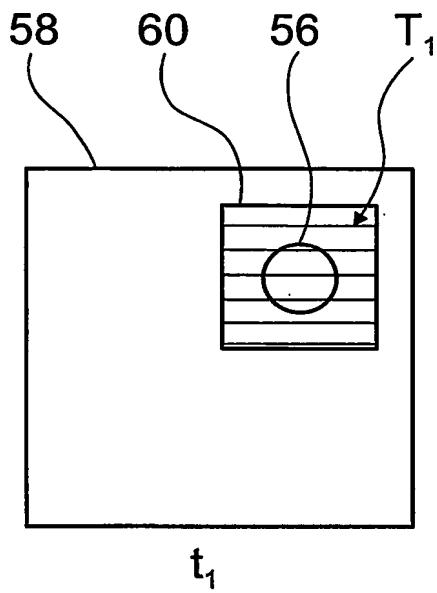


Fig. 5

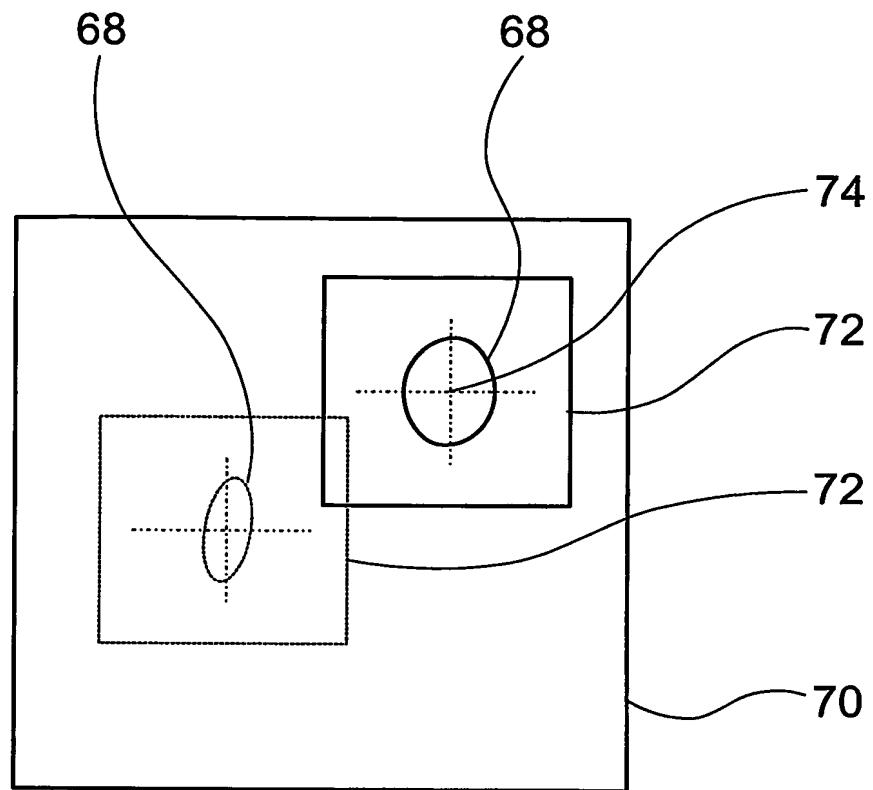


Fig. 6

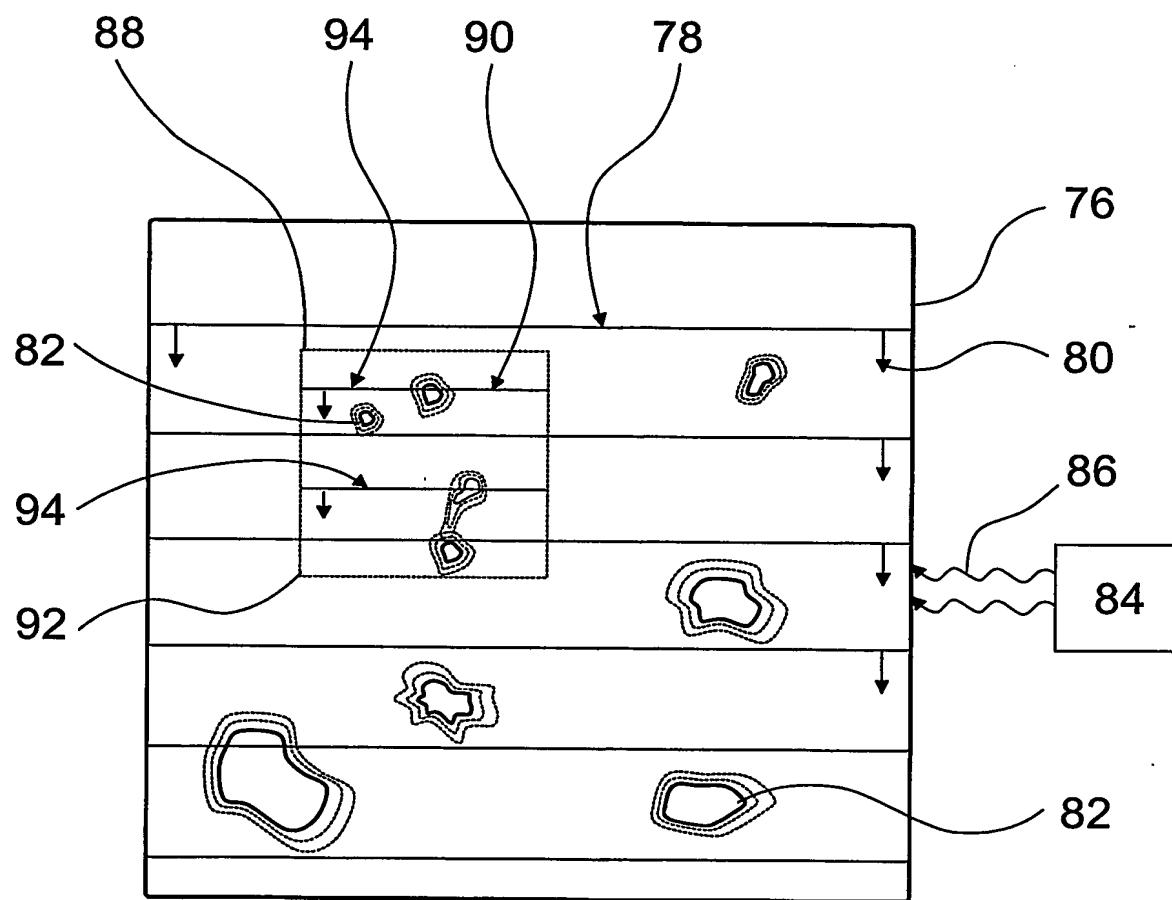


Fig. 7

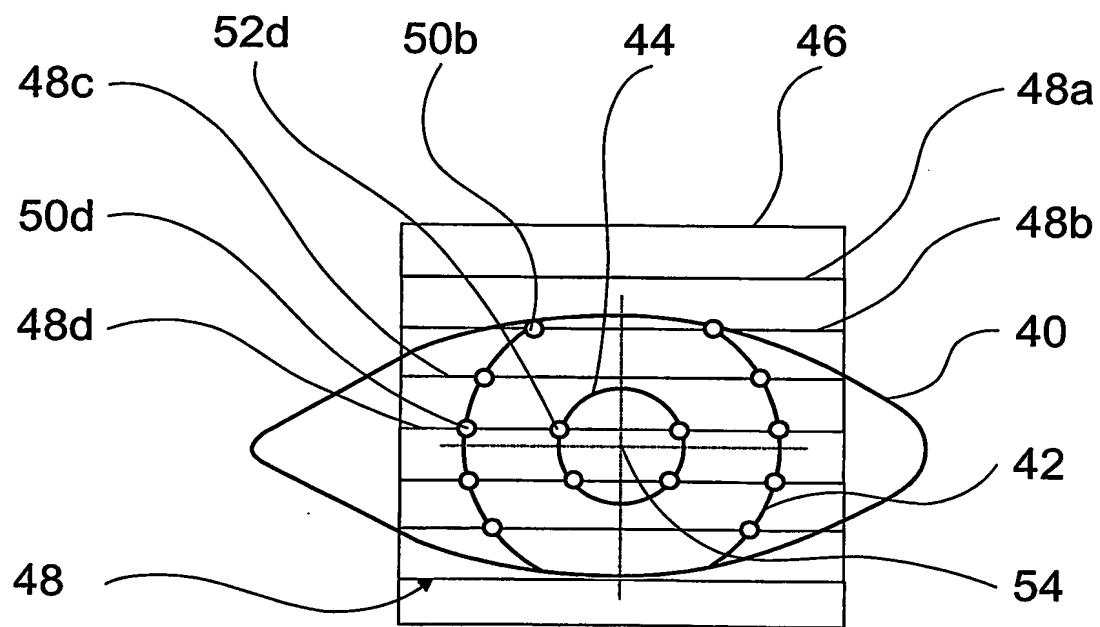


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.